

527, 279

Rec'd PCT/PTO 10/527279
08 MAR 2005(12) NACH DEM VEREIN ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. März 2004 (25.03.2004)

PCT

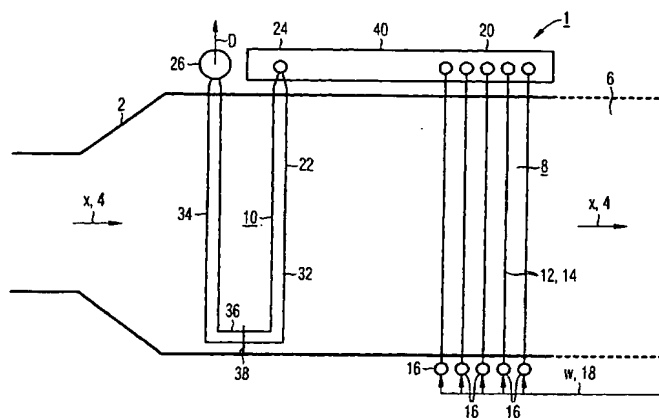
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/025177 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F22B 1/18 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009571 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRANKE, Joachim
(22) Internationales Anmeldedatum: 28. August 2003 (28.08.2003) [DE/DE]; Klosterbergstr. 9, 90518 Altdorf (DE). KRAL,
Rudolf [DE/DE]; Am Leitenweg 28, 92551 Stulln (DE).
WITTCROW, Eberhard [DE/DE]; Schronfeld 96, 91054
Erlangen (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).
(30) Angaben zur Priorität: 02020252.9 10. September 2002 (10.09.2002) EP
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HORIZONTALLY ASSEMBLED STEAM GENERATOR

(54) Bezeichnung: DAMPFERZEUGER IN LIEGENDER BAUWEISE



(57) Abstract: Disclosed is a steam generator (1) in which a continuous evaporating heating area (8) is disposed within a heating gas duct (6) that is penetrated in a nearly horizontal direction (x) by a heating gas. Said continuous evaporating heating area (8) comprises a number of steam-generating pipes (12) that are connected in parallel and are penetrated by a flowing medium (D, W) and is configured such that a steam-generating pipe which is heated more than another steam-generating pipe (12) of the same continuous evaporating heating area (8) has a higher throughput of the flowing medium (W) than said other steam-generating pipe (12). The aim of the invention is to create a steam generator which provides a particularly high degree of stability of flow during operation of the continuous evaporating heating area (8) while keeping the structural complexity and design comparatively simple. Said aim is achieved by means of a discharge collector (20) which is mounted downstream of the steam-generating pipes (12) of the continuous evaporating heating area (8) on the side of the flowing medium, and the longitudinal axis of which is located essentially parallel to the direction (x) of the heating gas.

(57) Zusammenfassung: Ein Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchstrombaren Heizgaskanal (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (D, W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/025177 A1



KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist, soll auch bei vergleichsweise geringem baulichen und konstruktiven Aufwand ein besonders hohes Mass an Strömungsstabilität beim Betrieb der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) bieten. Dazu ist erfindungsgemäss ein den Dampferzeugerrohren (12) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) strömungsmediumsseitig nachgeschalteter Austrittsammler (20) mit seiner Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung (x) ausgerichtet.

Beschreibung

Dampferzeuger in liegender Bauweise

5 Die Erfindung betrifft einen Dampferzeuger, bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung durchström-
baren Heizgaskanal eine Verdampfer- Durchlaufheizfläche ange-
ordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strö-
mungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren um-
10 fasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu
einem weiteren Dampferzeugerrohr derselben Durchlaufheizflä-
che mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum
weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsme-
diums aufweist.

15

Bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage wird die im entspann-
ten Arbeitsmittel oder Heizgas aus der Gasturbine enthaltene
Wärme zur Erzeugung von Dampf für die Dampfturbine genutzt.
Die Wärmeübertragung erfolgt in einem der Gasturbine nachge-
20 schalteten Abhitzedampferzeuger, in dem üblicherweise eine
Anzahl von Heizflächen zur Wasservorwärmung, zur Dampferzeu-
gung und zur Dampfüberhitzung angeordnet ist. Die Heizflächen
sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine geschal-
tet. Der Wasser-Dampf-Kreislauf umfaßt üblicherweise mehrere,
25 z. B. drei, Druckstufen, wobei jede Druckstufe eine Verdamp-
ferheizfläche aufweisen kann.

Für den der Gasturbine als Abhitzedampferzeuger heizgasseitig
nachgeschalteten Dampferzeuger kommen mehrere alternative
30 Auslegungskonzepte, nämlich die Auslegung als Durchlaufdamp-
ferzeuger oder die Auslegung als Umlaufdampferzeuger, in Be-
tracht. Bei einem Durchlaufdampferzeuger führt die Beheizung
von als Verdampferrohren vorgesehenen Dampferzeugerrohren zu
einer Verdampfung des Strömungsmediums in den Dampferzeuger-
35 rohren in einem einmaligen Durchlauf. Im Gegensatz dazu wird
bei einem Natur- oder Zwangumlaufdampferzeuger das im Umlauf
geführte Wasser bei einem Durchlauf durch die Verdampferrohre

nur teilweise verdampft. Das dabei nicht verdampfte Wasser wird nach einer Abtrennung des erzeugten Dampfes für eine weitere Verdampfung den selben Verdampferrohren erneut zugeführt.

5

Ein Durchlaufdampferzeuger unterliegt im Gegensatz zu einem Natur- oder Zwangumlaufdampferzeuger keiner Druckbegrenzung, so dass er für Frischdampfdrücke weit über dem kritischen Druck von Wasser ($P_{Kri} \approx 221$ bar) - wo keine Unterscheidung der Phasen Wasser und Dampf und damit auch keine Phasentrennung möglich ist - ausgelegt werden kann. Ein hoher Frischdampfdruck begünstigt einen hohen thermischen Wirkungsgrad und somit niedrige CO₂-Emissionen eines fossilbeheizten Kraftwerks. Zudem weist ein Durchlaufdampferzeuger im Vergleich zu einem Umlaufdampferzeuger eine einfache Bauweise auf und ist somit mit besonders geringem Aufwand herstellbar. Die Verwendung eines nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Dampferzeugers als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage ist daher zur Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades der Gas- und Dampfturbinenanlage bei einfacher Bauweise besonders günstig.

Besondere Vorteile hinsichtlich des Herstellungsaufwands, aber auch hinsichtlich erforderlicher Wartungsarbeiten bietet ein Abhitzedampferzeuger in liegender Bauweise, bei dem das beheizende Medium oder Heizgas, also das Abgas aus der Gasturbine, in annähernd horizontaler Strömungsrichtung durch den Dampferzeuger geführt ist. Bei einem Dampferzeuger in liegender Bauweise können die Dampferzeugerrohre einer Heizfläche jedoch je nach ihrer Positionierung einer stark unterschiedlichen Beheizung ausgesetzt sein. Insbesondere bei ausgangsseitig mit einem gemeinsamen Sammler verbundenen Dampferzeugerrohren eines Durchlaufdampferzeugers kann eine unterschiedliche Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre zu einer Zusammenführung von Dampfströmen mit stark voneinander abweichenden Dampfparametern und somit zu unerwünschten Wirkungsgradverlusten, insbesondere zu einer vergleichsweise

verringerten Effektivität der betroffenen Heizfläche und einer dadurch reduzierten Dampferzeugung, führen. Eine unterschiedliche Beheizung benachbarter Dampferzeugerrohre kann zudem, insbesondere im Einmündungsbereich von Sammlern, zu Schäden an den Dampferzeugerrohren oder dem Sammler führen. Die an sich wünschenswerte Verwendung eines in liegender Bauweise ausgeführten Durchlaufdampferzeugers als Abhitzedampferzeuger für eine Gasturbine kann somit erhebliche Probleme hinsichtlich einer ausreichend stabilisierten Strömungsführung mit sich bringen.

Aus der EP 0 944 801 B1 ist ein Dampferzeuger bekannt, der für eine Auslegung in liegender Bauweise geeignet ist und zudem die genannten Vorteile eines Durchlaufdampferzeugers aufweist. Dazu ist die Verdampferheizfläche des bekannten Dampferzeugers als Durchlaufheizfläche verschaltet und derart ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr derselben Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist. Unter Durchlaufheizfläche ist dabei im allgemeinen eine Heizfläche zu verstehen, die für eine Durchströmung nach dem Durchlaufprinzip ausgelegt ist. Das der als Durchlaufheizfläche verschalteten Verdampferheizfläche zugeführte Strömungsmedium wird also im einmaligen Durchlauf durch diese Durchlaufheizfläche oder durch eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Durchlaufheizflächen umfassendes Heizflächensystem vollständig verdampft.

Die als Durchlaufheizfläche verschaltete Verdampferheizfläche des bekannten Dampferzeugers zeigt somit in der Art der Strömungscharakteristik einer Naturumlaufverdampferheizfläche (Naturumlaufcharakteristik) bei auftretender unterschiedlicher Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre ein selbststabilisierendes Verhalten, das ohne das Erfordernis äußerer Einflußnahme zu einer Angleichung der austrittsseitigen Tempera-

turen auch an unterschiedlich beheizten, strömungsmediumsseitig parallel geschalteten Dampferzeugerrohren führt.

Der bekannte Dampferzeuger weist ein mehrstufig ausgestaltetes Verdampfersystem auf, bei dem einer ersten Durchlaufheizfläche strömungsmediumsseitig eine weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche nachgeschaltet ist. Um ein zuverlässiges und vergleichsweise homogenes Überströmen des Strömungsmediums von der ersten in die zweite Durchlaufheizfläche zu gewährleisten, ist der bekannte Dampferzeuger mit einem komplexen Verteilersystem versehen, das einen vergleichsweise hohen baulichen und konstruktiven Aufwand bedingt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Dampferzeuger der oben genannten Art anzugeben, bei dem auch mit vergleichsweise geringem baulichem und konstruktivem Aufwand ein besonders hohes Maß an Strömungsstabilität beim Betrieb der als Durchlaufheizfläche geschalteten Verdampferheizfläche oder Verdampfer-Durchlaufheizfläche erreichbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein den Dampferzeugerrohren der Verdampfer-Durchlaufheizfläche strömungsmediumsseitig nachgeschalteter Austrittssammler mit seiner Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung ausgerichtet ist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass der bauliche und konstruktive Aufwand bei der Erstellung des Dampferzeugers gering gehalten werden kann, indem die Zahl der eingesetzten Komponententypen in besonderem Maße reduziert wird. Eine derartige Reduktion von Komponenten ist beim Dampferzeuger der oben genannten Art durch Einsparung des der Durchlaufheizfläche nachgeschalteten Verteilersystems erreichbar, indem die ohnehin vorgesehene Eigenschaft der Durchlaufheizfläche, nämlich die selbststabilisierende Umlaufcharakteristik, konsequent genutzt wird. Gerade wegen dieser Charakteristik kann nämlich die Mischung des aus ver-

schiedenen, zueinander parallel geschalteten Dampferzeuger-
rohren abströmenden Strömungsmediums und dessen Überführung
in nachgeschaltete Heizflächensystem ohne nennenswerte Beein-
trächtigung der bei der Mischung erreichten Homogenisierung
5 von einem nachgeschalteten Verteilersystem in den den Damp-
ferzeugerrohren ohnehin nachgeschalteten Austrittssammler
hinein verlagert werden, ohne dass dies zu nennenswerten
Strömungsinstabilitäten oder sonstigen Problemen führen
würde. Dementsprechend kann das vergleichsweise aufwändige
10 Verteilersystem entfallen. Eine zu diesem Zweck, nämlich zur
geeigneten Mischung und Weiterführung des aus den Dampferzeu-
gerrohren abströmenden Strömungsmediums, geeignete Ausgestal-
tung des Austrittssammlers ist erreichbar, indem die in Heiz-
gasrichtung gesehen hintereinander angeordneten und somit ei-
15 ner im Hinblick auf das Beheizungsprofil lokal unterschiedli-
chen Beheizung ausgesetzten Dampferzeugerrohre der Verdamp-
fer-Durchlaufheizfläche ausgangsseitig in einen gemeinsamen
Sammlerraum münden. Ein derartiger, für die in Heizgasrich-
tung gesehen hintereinander angeordneten Dampferzeugerrohre
20 gemeinsamer Sammlerraum ist durch eine Ausrichtung des Aus-
trittssammlers mit seiner Längsachse im wesentlichen parallel
zur Heizgasrichtung ermöglicht.

Eine besonders einfache Bauweise des Austrittssammlers an
25 sich ist dabei erreichbar, indem dieser vorteilhafterweise im
wesentlichen als Zylinderkörper ausgebildet ist.

Für eine vergleichsweise einfach gehaltene Bauweise umfaßt
die Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorzugsweise in der Art
30 eines Rohrbündels eine Anzahl von in Heizgasrichtung gesehen
hintereinander angeordneten Rohrlagen, von denen jede aus ei-
ner Anzahl von in Heizgasrichtung gesehen nebeneinander ange-
ordneten Dampferzeugerrohren gebildet ist. Dabei könnte je-
weils einer geeigneten Anzahl von Dampferzeugerrohren jeder
35 Rohrlage jeweils ein gemeinsamer Austrittssammler zugeordnet
sein. Die der Durchlaufheizfläche strömungsmediumsseitig
nachfolgende Verteilung des Strömungsmediums unter Einsparung

eines aufwändigen Verteilersystems kann jedoch besonders einfach ausgeführt sein, indem in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Durchlaufheizfläche eine der Anzahl der Dampferzeugerrohre in jeder Rohrlage entsprechende Anzahl von mit
5 ihrer Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung ausgerichteten Austrittssammlern zugeordnet ist. Dabei mündet in jeden Austrittssammler jeweils ein Dampferzeugerrohr jeder Rohrlage ein.

10 Vorzugsweise ist das Verdampfersystem des Dampferzeugers in der Art einer mehrstufigen Ausführung ausgestaltet, wobei die Verdampfer-Durchlaufheizfläche in der Art eines Vorverdampfers zur geeigneten Konditionierung des Strömungsmediums vor dessen Eintritt in eine ihr nachgeschaltete weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorgesehen ist. Die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche dient daher in der Art einer zweiten Verdampferstufe zur Vervollständigung bei der Verdampfung des Strömungsmediums.

20 Zweckmäßigerweise ist auch die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche für sich genommen für ein selbststabilisierendes Strömungsverhalten durch konsequente Nutzung einer Naturumlaufcharakteristik in den jeweiligen Dampferzeugerrohren ausgelegt. Dazu umfasst die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorteilhafterweise eine Anzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren. Sie ist zweckmäßigerweise ebenfalls derart ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr der weiteren Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren
30 Durchsatz des Strömungsmediums aufweist.

Während die Verdampfer-Durchlaufheizfläche des Dampferzeugers zweckmäßigerweise aus im wesentlichen vertikal ausgerichteten, zur Durchströmung durch das Strömungsmedium von unten nach oben vorgesehenen Dampferzeugerrohren gebildet ist, ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche in besonders vor-

35

teilhafter Ausgestaltung aus u-förmig ausgebildeten Dampferzeugerrohren gebildet. In dieser Ausgestaltung weisen die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche bildenden Dampferzeugerrohre jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallstück und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück auf.

- 10 Bei der Ausgestaltung der weiteren Durchlaufheizfläche mit u-förmigen Dampferzeugerrohren könnten in den Fallrohrstücken sich bildende Dampfblasen entgegen der Strömungsrichtung des Strömungsmediums aufsteigen und somit die Stabilität der Strömung in unerwünschter Weise beeinträchtigen. Um dies zu vermeiden, ist das Verdampfersystem vorteilhafterweise auf eine konsequente Mitnahme derartiger Dampfblasen mit dem Strömungsmedium ausgelegt.

- Um diesen gewünschten Effekt einer konsequenten Mitnahme von im Fallrohrstück eines Dampferzeugerrohrs der weiteren Durchlaufheizfläche möglicherweise vorhandenen Dampfblasen zuverlässig sicherzustellen, ist die Durchlaufheizfläche zweckmäßigerweise derart dimensioniert, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete weitere Durchlaufheizfläche einströmende Strömungsmedium eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme entstehender Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

- Aufgrund der im wesentlichen u-förmigen Ausgestaltung der die weitere Durchlaufheizfläche bildenden Dampferzeugerrohre befindet sich deren Einströmbereich im oberen Bereich oder oberhalb des Heizgaskanals. Unter konsequenter Nutzung der der Verdampfer-Durchlaufheizfläche zugeordneten, oberhalb des Heizgaskanals angeordneten und mit ihrer Längsrichtung jeweils im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des Heizgases ausgerichteten Austrittssammler ist dabei eine Zusammenschaltung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche mit der

weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche mit besonders geringem Aufwand ermöglicht, indem der oder jeder Austrittssammler der Verdampfer-Durchlaufheizfläche in vorteilhafter Ausgestaltung mit einem jeweils zugeordneten Eintrittssammler der strömungsmediumsseitig nachgeschalteten Verdampfer-Durchlaufheizfläche in eine konstruktive Einheit integriert ist. Eine derartige Anordnung ermöglicht ein unmittelbares Überströmen des aus der ersten Verdampfer-Durchlaufheizfläche austretenden Strömungsmediums in die strömungsmediumsseitig nachgeschalteten Dampferzeugerrohre der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche. Aufwändige Verteiler- oder Verbindungsleitungen zwischen dem Austrittssammler der Verdampfer-Durchlaufheizfläche und dem Eintrittssammler der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche sowie zugeordnete Misch- und Verteilerelemente können entfallen, und im allgemeinen ist die Leitungsführung vergleichsweise einfach.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung sind die Dampferzeugerrohre der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche eintrittsseitig in einer gemeinsamen, senkrecht zur Längsachse der Austrittssammler und somit senkrecht zur Heizgasrichtung ausgerichteten Ebene an den ihnen jeweils zugeordneten Eintrittssammler angeschlossen. Durch eine derartige Anordnung ist sichergestellt, dass das teilverdampfte, der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche zuzuführende Strömungsmedium, ausgehend vom als Austrittssammler für die erste Verdampfer-Durchlaufheizfläche genutzten Teil der integrierten Einheit, zunächst gegen den Boden des als Eintrittssammler für die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche genutzten Teils der konstruktiven Einheit prallt, dort nochmals verwirbelt wird und anschließend mit nahezu gleichen Zwei-Phasen-Anteilen in die an den jeweiligen Eintrittssammler angeschlossenen Dampferzeugerrohre der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche abströmt. Somit ist eine Weiterleitung des Strömungsmediums in die Dampferzeugerrohre der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche ohne nennenswerte Beeinträchtigung der bei der Mischung im Austrittssammler erreichten Homogenisierung begün-

stigt, wobei bereits aufgrund der in Bezug auf die Längsachse der Sammlereinheit symmetrischen Anordnung der Abströmstellen aus dem jeweiligen Eintrittssammler eine besonders homogene Bespeisung der weiteren Durchlaufheizfläche mit Strömungsmedium erfolgt.

Zweckmäßigerweise wird der Dampferzeuger als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage verwendet. Dabei ist der Dampferzeuger vorteilhafterweise heizgasseitig einer Gasturbine nachgeschaltet. Bei dieser Schaltung kann zweckmäßigerweise hinter der Gasturbine eine Zusatzfeuerung zur Erhöhung der Heizgastemperatur angeordnet sein.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die Ausrichtung des Austrittssammlers parallel zur Heizgasrichtung die ohnehin vorgesehene Eigenschaft der Verdampfer-Durchlaufheizfläche, nämlich eine selbststabilisierende Umlaufcharakteristik, konsequent für eine Vereinfachung der Verteilung genutzt werden kann. Gerade wegen der selbststabilisierenden Umlaufcharakteristik können nämlich nunmehr auch in Heizgasrichtung gesehen hintereinander angeordnete Dampferzeugerrohre ausgangsseitig mit in etwa gleichen Dampfzuständen in einen gemeinsamen Austrittssammler münden. In diesem wird das von den Dampferzeugerrohren abströmende Strömungsmedium gemischt und für eine Weiterleitung in ein nachfolgenden Heizflächensystem ohne Beeinträchtigung der bei der Mischung erreichten Homogenisierung bereitgestellt. Insbesondere durch die Integration von Austritts- und Eintrittssammlern kann ein gesondertes, der Verdampfer-Durchlaufheizfläche nachgeschaltetes und vergleichsweise aufwändiges Verteilersystem entfallen. Des Weiteren weist der derart ausgestaltete Dampferzeuger strömungsmediumsseitig einen vergleichsweise geringen Gesamtdruckverlust auf.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 in vereinfachter Darstellung im Längsschnitt die Verdampfersektion eines Dampferzeugers in liegender Bauweise,

5 Figur 2 den Dampferzeuger nach Figur 1 ausschnittsweise in Aufsicht,

Figur 3 den Dampferzeuger nach Figur 1 im Ausschnitt entlang der in Figur 2 dargestellten Schnittlinie,

10

Figur 4 den Dampferzeuger nach Figur 1 im Ausschnitt entlang der in Figur 2 dargestellten Schnittlinie, und

Figur 5 ein Enthalpie- bzw. Strömungsgeschwindigkeits-Massenstromdiagramm.

15

Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

20 Der in Figur 1 mit seiner Verdampfersektion gezeigte Dampferzeuger 1 ist in der Art eines Abhitzedampferzeugers einer nicht näher dargestellten Gasturbine abgasseitig nachgeschaltet. Der Dampferzeuger 1 weist eine Umfassungswand 2 auf, die einen in einer annähernd horizontalen, durch die Pfeile 4 angedeuteten Heizgasrichtung x durchströmbaren Heizgaskanal 6

25 für das Abgas aus der Gasturbine bildet. Im Heizgaskanal 6 ist eine Anzahl - im Ausführungsbeispiel zwei - von nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Verdampfer-Heizflächen 8, 10 angeordnet, die für den Durchfluss eines Strömungsmediums W, D

30 hintereinandergeschaltet sind.

Das aus den Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 gebildete mehrstufige Verdampfersystem ist mit unverdampftem Strömungsmedium W beaufschlagbar, das bei einmaligem Durchlauf durch

35 die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 verdampft und nach dem Austritt aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 als Dampf D abgeführt und üblicherweise zur weiteren Überhitzung

Überhitzerheizflächen zugeführt wird. Das aus den Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 gebildete Verdampfersystem ist in den nicht näher dargestellten Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbine geschaltet. Zusätzlich zu diesem Verdampfersystem sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine eine Anzahl weiterer, in Figur 1 nicht näher dargestellter Heizflächen geschaltet, bei denen es sich beispielsweise um Überhitzer, Mitteldruckverdampfer, Niederdruckverdampfer und/oder um Vorwärmer handeln kann.

Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist durch eine Anzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums W parallel geschalteten Dampferzeugerrohren 12 gebildet. Die Dampferzeugerrohre 12 sind dabei mit ihrer Längsachse im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und für eine Durchströmung des Strömungsmediums W von einem unteren Eintrittsbereich zu einem oberen Austrittsbereich, also von unten nach oben, ausgelegt.

Dabei umfasst die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 in der Art eines Rohrbündels eine Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen 14, von denen jede aus einer Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren 12 gebildet ist, und von denen in Figur 1 jeweils lediglich ein Dampferzeugerrohr 12 sichtbar ist. Den Dampferzeugerrohren 12 jeder Rohrlage 14 ist dabei jeweils ein gemeinsamer, mit seiner Längsrichtung im Wesentlichen senkrecht zur Heizgasrichtung x ausgerichteter und unterhalb des Heizgaskanals 6 angeordneter Eintrittssammler 16 vorgeschaltet. Die Eintrittssammler 16 sind dabei an ein in Figur 1 lediglich schematisch angedeutetes Wasserezuführsystem 18 angeschlossen, das ein Verteilersystem zur bedarfsgerechten Aufteilung des Zustroms an Strömungsmedium W auf die Eintrittssammler 16 umfassen kann. Ausgangsseitig und somit in einem Bereich oberhalb des Heizgaskanals 6 münden die die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre 12 in eine Anzahl von zugeordneten Austrittssammlern 20.

Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist derart ausgelegt, dass sie für eine Bespeisung der Dampferzeugerrohre 12 mit vergleichsweise niedriger Massenstromdichte geeignet ist, wobei die auslegungsgemäßen Strömungsverhältnisse in den Dampferzeugerrohren 12 eine Naturumlaufcharakteristik aufweisen. Bei dieser Naturumlaufcharakteristik weist ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr 12 derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mehr beheiztes Dampferzeugerrohr 12 einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr 12 höheren Durchsatz des Strömungsmediums W auf.

Nach dem gleichen Prinzip, also zur Einstellung einer Naturumlaufcharakteristik, ist auch die der Durchlaufheizfläche 8 strömungsmediumsseitig nachgeschaltete weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ausgestaltet. Auch die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 des Dampferzeugers 1 umfasst dabei in der Art eines Rohrbündels eine Mehrzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums W parallel geschalteten Dampferzeugerrohren 22. Dabei ist jeweils eine Mehrzahl von Dampferzeugerrohren 22 unter Bildung einer sogenannten Rohrlage in Heizgasrichtung x gesehen nebeneinander angeordnet, so dass jeweils lediglich eines der so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohre 22 einer Rohrlage sichtbar ist. Den so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren 22 ist strömungsmediumsseitig jeweils ein zugeordneter Verteiler oder Eintrittssammler 24 vor- und ein gemeinsamer Austrittssammler 26 nachgeschaltet.

Um die auslegungsgemäß für die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 vorgesehene Naturumlaufcharakteristik mit besonders einfachen konstruktiven Mitteln auf besonders zuverlässige Weise sicherzustellen, umfasst die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 zwei strömungsmediumsseitig in Reihe geschaltete Segmente. Im ersten Segment umfasst jedes die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildende Dampferzeugerrohr 22 dabei ein annähernd vertikal angeordnetes,

vom Strömungsmedium W in Abwärtsrichtung durchströmtes Fallrohrstück 32. Im zweiten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 22 ein dem Fallrohrstück 32 strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium W in Aufwärtsrichtung durchströmtes Steigrohrstück 34.

Das Steigrohrstück 34 ist dabei mit dem ihm zugeordneten Fallrohrstück 32 über ein Überströmstück 36 verbunden. Im Ausführungsbeispiel sind die Überströmstücke 36 innerhalb des Heizgaskanals 6 geführt.

Jedes Dampferzeugerrohr 22 der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 weist, wie dies in Figur 1 erkennbar ist, eine nahezu u-förmige Form auf, wobei die Schenkel des U durch das Fallrohrstück 32 und das Steigrohrstück 34 und der Verbindungsbogen durch das Überströmstück 36 gebildet sind. Bei einem derartig ausgestalteten Dampferzeugerrohr 22 erzeugt der geodätische Druckbeitrag des Strömungsmediums W im Bereich des Fallrohrstücks 32 - im Gegensatz zum Bereich des Steigrohrstücks 34 - einen strömungsfördernden und nicht einen strömungshemmenden Druckbeitrag. Mit anderen Worten: Die im Fallrohrstück 32 befindliche Wassersäule an unverdampftem Strömungsmedium W „schiebt“ die Durchströmung des jeweiligen Dampferzeugerrohrs 22 noch mit an, statt diese zu behindern. Dadurch weist das Dampferzeugerrohr 22 insgesamt gesehen einen vergleichsweise geringen Druckverlust auf.

Bei der annähernd u-förmigen Bauweise ist jedes Dampferzeugerrohr 22 jeweils im Eintrittsbereich seines Fallrohrstücks 32 und im Austrittsbereich seines Steigrohrstücks 34 in der Art einer hängenden Bauweise an der Decke des Heizgaskanals 6 aufgehängt oder befestigt. Die räumlich gesehen unteren Enden des jeweiligen Fallrohrstücks 32 und des jeweiligen Steigrohrstücks 34, die durch ihr Überströmstück 36 miteinander verbunden sind, sind hingegen nicht unmittelbar räumlich am Heizgaskanal 6 fixiert. Längendehnungen dieser Segmente der

Dampferzeugerrohre 22 sind somit ohne Schadensrisiko tolerierbar, wobei das jeweilige Überströmstück 36 als Dehnungsbogen wirkt. Diese Anordnung der Dampferzeugerrohre 22 ist somit mechanisch besonders flexibel und hinsichtlich thermischer Spannungen unempfindlich gegenüber auftretenden Differenzdehnungen.

Der Dampferzeuger 1 ist für eine zuverlässige, homogene Strömungsführung bei vergleichsweise einfach gehaltener Bauweise ausgelegt. Dabei ist die auslegungsgemäß für die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 vorgesehene Naturumlaufcharakteristik konsequent für eine Vereinfachung des Verteilersystems genutzt. Diese Naturumlaufcharakteristik und die damit verbundene, auslegungsgemäß vorgesehene vergleichsweise niedrig gehaltene Massenstromdichte ermöglichen nämlich die Zusammenführung der Teilströme aus in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander angeordneten und somit unterschiedlich beheizten Dampferzeugerrohren in einen gemeinsamen Raum. Unter Einsparung eines eigenständigen aufwändigen Verteilersystems ist somit eine Verlagerung der Vermischung des aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 abströmenden Strömungsmediums W in den oder die Austrittssammler 20 hinein möglich. Um die dabei erreichte Homogenisierung von aus in Heizgasrichtung x gesehen unterschiedlich positionierten und somit unterschiedlich beheizten Dampferzeugerrohren 12 abströmendem Strömungsmedium W bei der Weiterleitung in nachfolgende System möglichst geringfügig zu beeinträchtigen, ist jeder der im Wesentlichen parallel zueinander und nebeneinander angeordneten Austrittssammler 20, von denen in Figur 1 lediglich einer sichtbar ist, mit seiner Längsachse im Wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung x ausgerichtet. Die Anzahl der Austrittssammler 20 ist dabei an die Anzahl der Dampferzeugerrohre 12 in jeder Rohrlage 14 angepasst.

Jedem Austrittssammler 20 ist ein Eintrittssammler 24 der der Durchlaufheizfläche 8 strömungsmediumseitig nachgeschalteten weiteren Durchlaufheizfläche 10 zugeordnet. Auf Grund der u-

förmigen Ausgestaltung der weiteren Durchlaufheizfläche 10 befindet sich der jeweilige Eintrittssammler 24 ebenso wie der jeweilige Austrittssammler 20 oberhalb des Heizgaskanals 6. Die strömungsmediumseitige Hintereinanderschaltung der Durchlaufheizfläche 8 mit der weiteren Durchlaufheizfläche 10 ist dabei auf besonders einfache Weise möglich, indem jeder Austrittssammler 20 mit dem ihm jeweils zugeordneten Eintrittssammler 24 in eine bauliche Einheit 40 integriert ist. Durch die bauliche oder konstruktive Einheit 40 ist ein unmittelbares Überströmen des Strömungsmediums W von der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 in die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ermöglicht, ohne dass ein vergleichsweise aufwändiges Verteiler- oder Verbindungssystem erforderlich wäre.

15

Beim Dampferzeuger 1 in liegender Bauweise und unter Verwendung der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 mit im Wesentlichen u-förmig ausgestalteten Dampferzeugerrohren 22 können im Fallrohrstück 32 eines Dampferzeugerrohrs 22 Dampfblasen auftreten. Diese Dampfblasen könnten entgegen der Strömungsrichtung des Strömungsmediums W im jeweiligen Fallrohrstück 32 aufsteigen und somit die Stabilität der Strömung und auch den zuverlässigen Betrieb des Dampferzeugers 1 behindern. Um dies zuverlässig zu unterbinden, ist der Dampferzeuger 1 für eine Bespeisung der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 mit bereits teilweise verdampftem Strömungsmedium W ausgelegt.

Dabei ist eine Zuführung des Strömungsmediums W in die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 derart vorgesehen, dass das Strömungsmedium W im Fallrohrstück 32 des jeweiligen Dampferzeugerrohrs 22 eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgebbaren Mindestgeschwindigkeit aufweist. Diese ist wiederum derart bemessen, dass auf Grund der ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums W im jeweiligen Fallrohrstück 32 dort möglicherweise vorhandene Dampfblasen zuverlässig in Strömungsrichtung des Strömungsme-

diums W mitgerissen und über das jeweilige Überströmstück 36 in das jeweils nachgeschaltete Steigrohrstück 34 überführt werden. Die Einhaltung einer für diesen Zweck ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums W in den
5 Fallrohrstücken 32 der Dampferzeugerrohre 22 ist dadurch gewährleistet, dass die Zuführung des Strömungsmediums W in die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 mit einem hierzu ausreichend hohen Dampfgehalt und/oder mit einer hierzu ausreichend hohen Enthalpie vorgesehen ist.

10 Um die Zuführung des Strömungsmediums W mit hierfür geeigneten Parametern im bereits teilweise verdampften Zustand zu ermöglichen, ist der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 des Dampferzeugers 1 strömungsmediumseitig in der Art eines Vorverdampfers die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 vor-
15 geschaltet. Die in der Art eines Vorverdampfers vorgesehene Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist dabei räumlich im vergleichsweise kälteren Raumbereich des Heizgaskanals 6 und somit heizgasseitig stromabwärts zur weiteren Verdampfer-Durch-
20 laufheizfläche 10 angeordnet. Die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ist hingegen in der Nähe des Eintrittsbereichs des Heizgaskanals 6 für das aus der Gasturbine abströmende Heizgas angeordnet und somit im Betriebsfall einem vergleichsweise starken Wärmeeintrag durch das Heizgas aus-
25 setzt.

Um gemäß der vorgesehenen Auslegung des durch die Durchlauf-
heizfläche 8 und durch die dieser strömungsmediumseitig nach-
geschaltete weitere Durchlaufheizfläche 10 gebildeten Ver-
30 dampfersystems, nämlich im Auslegungsfall die eingangsseitige Bespeisung der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 mit teilweise vorverdampftem, einen ausreichend hohen Dampfgehalt und/oder eine ausreichend hohe Enthalpie aufweisendem Strömungsmedium W, zu gewährleisten, ist die Verdampfer-Durch-
35 laufheizfläche 8 geeignet dimensioniert. Dabei sind insbesondere eine geeignete Materialwahl und eine geeignete Dimensionierung der Dampferzeugerrohre 12, aber auch eine geeignete

Positionierung der Dampferzeugerrohre 12 relativ zueinander berücksichtigt. Gerade im Hinblick auf diese Parameter ist die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 derart dimensioniert, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete weitere

5 Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 einströmende Strömungsmedium W eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme von in den jeweiligen Fallrohrstücken 32 entstehenden oder vorhandenen Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

10

Wie sich herausgestellt hat, ist die auslegungsgemäß angestrebte hohe betriebliche Sicherheit in besonderem Maße erreichbar, indem die mittlere Wärmeaufnahme im Betriebsfall im Wesentlichen gleichförmig auf die Verdampfer-Durchlaufheiz-

15 fläche 8 und auf die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 verteilt ist. Die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 und die diese bildenden Dampferzeugerrohre 12 bzw. 22 sind daher im Ausführungsbeispiel derart dimensioniert, dass im Betriebsfall der gesamte Wärmeeintrag in die die Verdampfer-

20 Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre 12 in etwa dem Wärmeeintrag in die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 22 entspricht. Unter Berücksichtigung der dabei auftretenden Massenströme weist dafür die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 eine im Hinblick

25 auf die Anzahl der Dampferzeugerrohre 22 der ihr strömungsmediumseitig nachgeschalteten weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 geeignet gewählte Anzahl an Dampferzeugerrohren 12 auf.

30

Wie in Figur 2 in Aufsicht im Ausschnitt dargestellt ist, sind die Dampferzeugerrohre 12 jeweils zweier benachbarter Rohrlagen 14 in einer Richtung senkrecht zur Heizgasrichtung x gesehen versetzt zueinander angeordnet, so dass sich hinsichtlich der Anordnung der Dampferzeugerrohre 12 ein im Wesentlichen rautenförmiges Grundmuster ergibt. Bei dieser An-

35 ordnung sind die Austrittssammler 20, von denen in Figur 2 lediglich einer gezeigt ist, derart positioniert, dass in je-

den Austrittssammler 20 aus jeder Rohrlage 14 jeweils ein Dampferzeugerrohr 12 einmündet. Dabei ist auch erkennbar, dass jeder Austrittssammler 20 mit einem zugeordneten Eintrittssammler 24 für die der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 nachgeschaltete weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 zu einer baulichen Einheit 40 integriert ist.

Figur 2 ist weiterhin entnehmbar, dass die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 22 ebenfalls eine Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander liegenden Rohrlagen bilden, wobei die in Heizgasrichtung x gesehen ersten beiden Rohrlagen aus den Steigrohrstücken 34 der Dampferzeugerrohre 22 gebildet sind, die ausgangsseitig in den Austrittssammler 26 für das verdampfte Strömungsmedium D münden. Die in Heizgasrichtung x gesehen nächsten beiden Rohrlagen sind hingegen aus den Fallrohrstücken 32 der Dampferzeugerrohre 22 gebildet, die eingangsseitig mit einem jeweils zugeordneten Eintrittssammler 24 verbunden sind.

20

Figur 3 zeigt in Seitenansicht ausschnittsweise den Mündungsbereich der Dampferzeugerrohre 12, 22 in die jeweils zugeordnete bauliche Einheit 40, die einerseits den Austrittssammler 20 für eine Anzahl von die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohren 12 und andererseits den Eintrittssammler 24 für jeweils zwei der die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 22 umfasst. Aus dieser Darstellung wird besonders deutlich, dass aus den Dampferzeugerrohren 12 abströmendes, in den Austrittssammler 20 eintretendes Strömungsmedium W auf direktem Weg in den der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 zugeordneten Eintrittssammler 24 überströmen kann. Beim Überströmen des Strömungsmediums W prallt dieses je nach Betriebszustand zunächst gegen eine Bodenplatte 42 der den Eintrittssammler 24 umfassenden baulichen Einheit 40. Infolge dieses Anprallens erfolgt eine Verwirbelung und besonders innige Durchmischung des Strömungsmediums W, bevor dieses vom

Eintrittssammler 24 aus in die Fallrohrstücke 32 der zugeordneten Dampferzeugerrohre 22 übertritt.

Wie in der Darstellung nach Figur 3 zudem noch besonders
5 deutlich wird, ist der als Eintrittssammler 24 für die Dampferzeugerrohre 22 ausgestaltete endseitige Teil der baulichen Einheit 40 derart ausgelegt, dass die Abströmung des Strömungsmediums W in die Dampferzeugerrohre 22 hinein für sämtliche Dampferzeugerrohre 22 aus einer einzigen Ebene senkrecht zur Zylinderachse der baulichen Einheit 40 heraus erfolgt.
10 Um dies auch für zwei Dampferzeugerrohre 22 zu ermöglichen, die hinsichtlich ihrer eigentlichen räumlichen Positionierung zwei verschiedenen, in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen zuzuordnen sind, ist
15 jedem Dampferzeugerrohr 22 jeweils ein Überströmstück 46 zugeordnet. Jedes Überströmstück 46 verläuft dabei schräg zur Heizgasrichtung x und verbindet den oberen Bereich des jeweils zugeordneten Dampferzeugerrohrs 22 mit der jeweiligen Austrittsöffnung 48 des Eintrittssammlers 24. Durch diese Anordnung können sämtliche Austrittsöffnungen 48 der Eintrittssammler 24 in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Zylinderachse der baulichen Einheit 40 positioniert sein, so dass bereits aufgrund der symmetrischen Anordnung der Austrittsöffnungen 48 in Relation zum Strömungspfad des Strömungsmediums
20 D, W eine gleichmäßige Verteilung des in die Dampferzeugerrohre 22 eintretenden Strömungsmediums D, W gewährleistet ist.
25

Zur weiteren Verdeutlichung der Rohrführungen im Bereich ihrer Ein- bzw. Austritte in die bzw. aus der baulichen Einheit
30 40 ist in Figur 4 eine Anzahl derartiger baulicher Einheiten 40 in Vorderansicht gezeigt, wobei die in Figur 2 mit IV bezeichnete Schnittlinie zugrunde gelegt ist. Dabei ist erkennbar, dass die beiden in Figur 4 links dargestellten baulichen
35 Einheiten 40, die im Bereich ihres als Eintrittssammler 24 für die nachgeschalteten Dampferzeugerrohre 22 ausgebildeten Endes gezeigt sind, jeweils über die Überströmstücke 46 mit

den nachgeschalteten Fallrohrstücken 32 der Dampferzeugerrohre 22 verbunden sind.

Im Vergleich dazu sind die beiden in Figur 4 rechts abgebildeten baulichen Einheiten 40 jeweils im Bereich ihres als Austrittssammler 20 für die Dampferzeugerrohre 12 der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ausgebildeten vorderen Bereich gezeigt. Der Darstellung ist dabei entnehmbar, dass die aus jeweils hintereinander liegenden Rohrlagen 14 in die bauliche Einheit 40 einmündenden Dampferzeugerrohre 12 in einfach gewinkelter Form in die bauliche Einheit 40 hineingeführt sind.

Der Dampferzeuger 1 nach Figur 1 und mit den besonderen Ausgestaltungen nach den Figuren 2 bis 4 ist für einen besonders sicheren Betrieb der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ausgestaltet. Dazu wird beim Betrieb des Dampferzeugers 1 sichergestellt, dass die im wesentlichen u-förmig ausgebildete Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 mit Strömungsmedium W mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit beaufschlagt wird. Dadurch wird erreicht, dass in den Fallrohrstücken 32 der die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 22 vorhandene Dampfblasen mitgerissen und in das jeweils nachgeschaltete Steigrohrstück 34 verbracht werden. Um eine dafür ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit beim in die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 einströmenden Strömungsmedium W sicherzustellen, erfolgt die Bespeisung der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 unter Nutzung der dieser vorgeschalteten Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 derart, dass das in die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 einströmende Strömungsmedium W einen Dampfgehalt oder eine Enthalpie von mehr als einem vorgebbaren Mindestdampfgehalt bzw. mehr als einer vorgebbaren Mindestenthalpie aufweist. Zur Einhaltung hierzu geeigneter Betriebsparameter sind die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 derart ausgelegt oder dimensioniert, dass in allen Betriebspunkten der Dampfgehalt bzw. die Enthalpie des Strömungsmediums D, W bei Eintritt in

die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 oberhalb geeignet vorgegebener Kennlinien liegt, wie sie beispielhaft in den Figuren 5a, 5b dargestellt sind.

- 5 Die Figuren 5a, 5b zeigen in der Art einer Kurvenschar mit dem Betriebsdruck als Schar-Parameter die funktionale Abhängigkeit des mindestens einzustellenden Dampfanteils X_{\min} bzw. der mindestens einzustellenden Enthalpie H_{\min} als Funktion der auslegungsgemäß gewählten Massenstromdichte \dot{m} . Dargestellt
- 10 ist dabei als Kurve 70 das Auslegungskriterium jeweils für einen Betriebsdruck von $p = 25$ bar, wohingegen die Kurve 72 jeweils für einen Betriebsdruck von $p = 100$ bar vorgesehen ist.
- 15 So ist an diesen Kurvenscharen beispielsweise erkennbar, dass im Teillastbetrieb bei einer Auslegungsmassenstromdichte \dot{m} von $100 \text{ kg/m}^2\text{s}$ und einem vorgesehenen Betriebsdruck von $p = 100$ bar sichergestellt werden sollte, dass der Dampfgehalt X_{\min} im der Durchlaufheizfläche 8 zuströmenden Strömungs-
- 20 medium W einen Wert von mindestens 25%, vorzugsweise etwa 30% einnehmen sollte. In alternativer Darstellung dieses Auslegungskriteriums kann auch vorgesehen sein, dass die Enthalpie des der Durchlaufheizfläche 8 zuströmenden Strömungsmediums W bei den genannten Betriebsbedingungen mindestens einen Wert
- 25 von $H = 1750 \text{ kJ/kg}$ aufweisen sollte. Die zur Einhaltung dieser Bedingungen auslegungsgemäß vorgesehene weitere Durchlaufheizfläche 10 ist hinsichtlich ihrer Dimensionierung, also beispielsweise hinsichtlich der Art, Anzahl und Ausgestaltung der sie bildenden Dampferzeugerrohre 30, unter Berücksichti-
- 30 gung des auslegungsgemäß im für ihre räumliche Positionierung vorgesehenen Raumbereich innerhalb des Heizgaskanals 6 vorhandenen Wärmeangebots an diese Randbedingungen angepaßt.
- Patentansprüche

Patentansprüche

1. Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchströmbaren Heizgaskanal
5 (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (D, W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Durchlauf-
10 heizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein den Dampferzeugerrohren (12) der Verdampfer-Durch-
15 laufheizfläche (8) strömungsmediumsseitig nachgeschalteter Austrittssammler (20) mit seiner Längsachse im Wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung (x) ausgerichtet ist.

2. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 1, bei dem der jeweilige
20 Austrittssammler (20) im Wesentlichen als Zylinderkörper ausgebildet ist.

3. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 1 oder 2, dessen Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) eine Anzahl von in Heizgasrichtung (x) gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen (14)
25 umfasst, von denen jede aus einer Anzahl von in Heizgasrichtung (x) gesehen nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren (12) gebildet ist.

30 4. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 3, dessen Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) eine der Anzahl der Dampferzeugerrohre (12) in jeder Rohrlage (14) entsprechende Anzahl von mit ihrer Längsachse im Wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung (x) ausgerichteten Austrittssammlern (20) zugeordnet
35 ist, wobei in jeden Austrittssammler (20) jeweils ein Dampferzeugerrohr (12) jeder Rohrlage (14) einmündet.

5. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dessen Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) strömungsmediumsseitig eine weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) nachgeschaltet ist.

5

6. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 5, dessen weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (D, W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (22) umfasst und derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (22) der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (22) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (22) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (D, W) aufweist.

15

7. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 5 oder 6, bei dem die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) bildenden Dampferzeugerrohre (22) jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium (W) in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück (32) und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück (34) aufweisen.

8. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dessen Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) derart dimensioniert ist, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete weitere Durchlaufheizfläche (10) einströmende Strömungsmedium (D, W) eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme von dort vorhandenen Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

9. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem der oder jeder Austrittssammler (20) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mit einem jeweils zugeordneten Eintrittssammler (24) der strömungsmediumsseitig nachgeschalte-

35

ten weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) in einer konstruktiven Einheit (40) integriert ist.

10. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dessen Austrittssammler (20) oberhalb des Heizgaskanals (6) angeordnet ist bzw. sind.

11. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dem heizgasseitig eine Gasturbine vorgeschaltet ist.

FIG 2

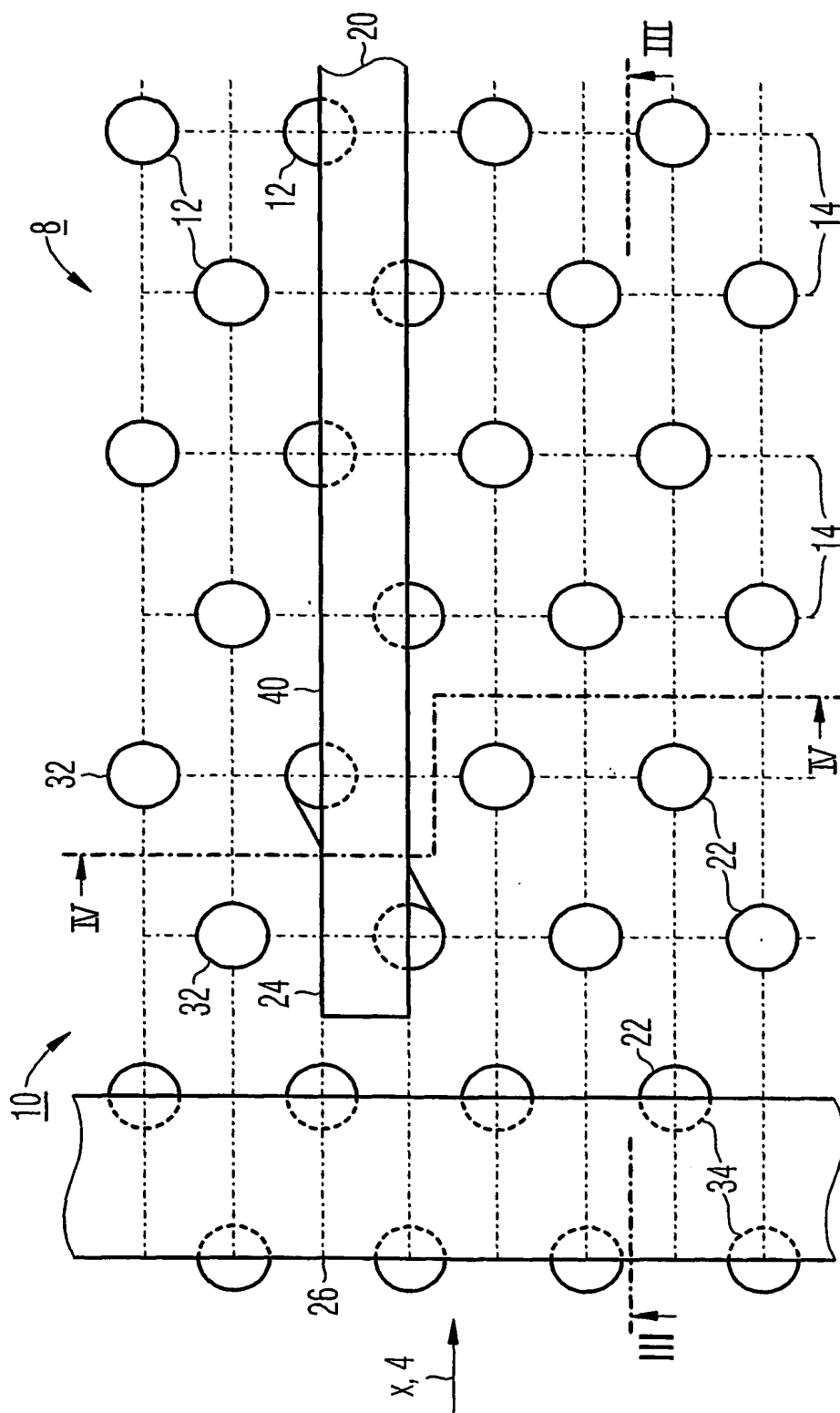


FIG 3

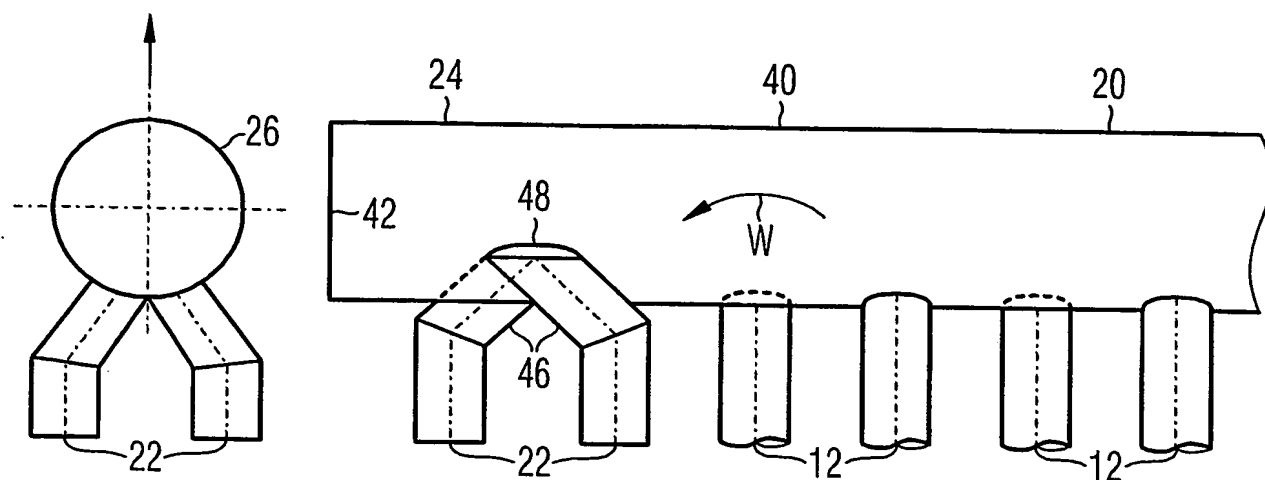


FIG 4

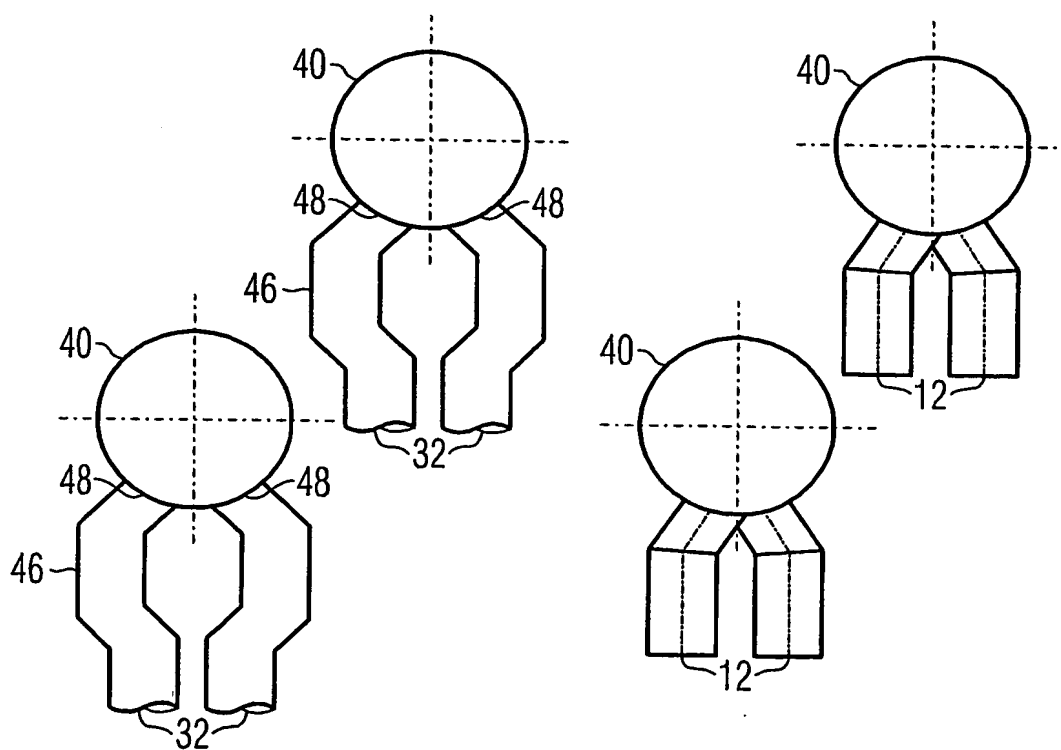


FIG 5a

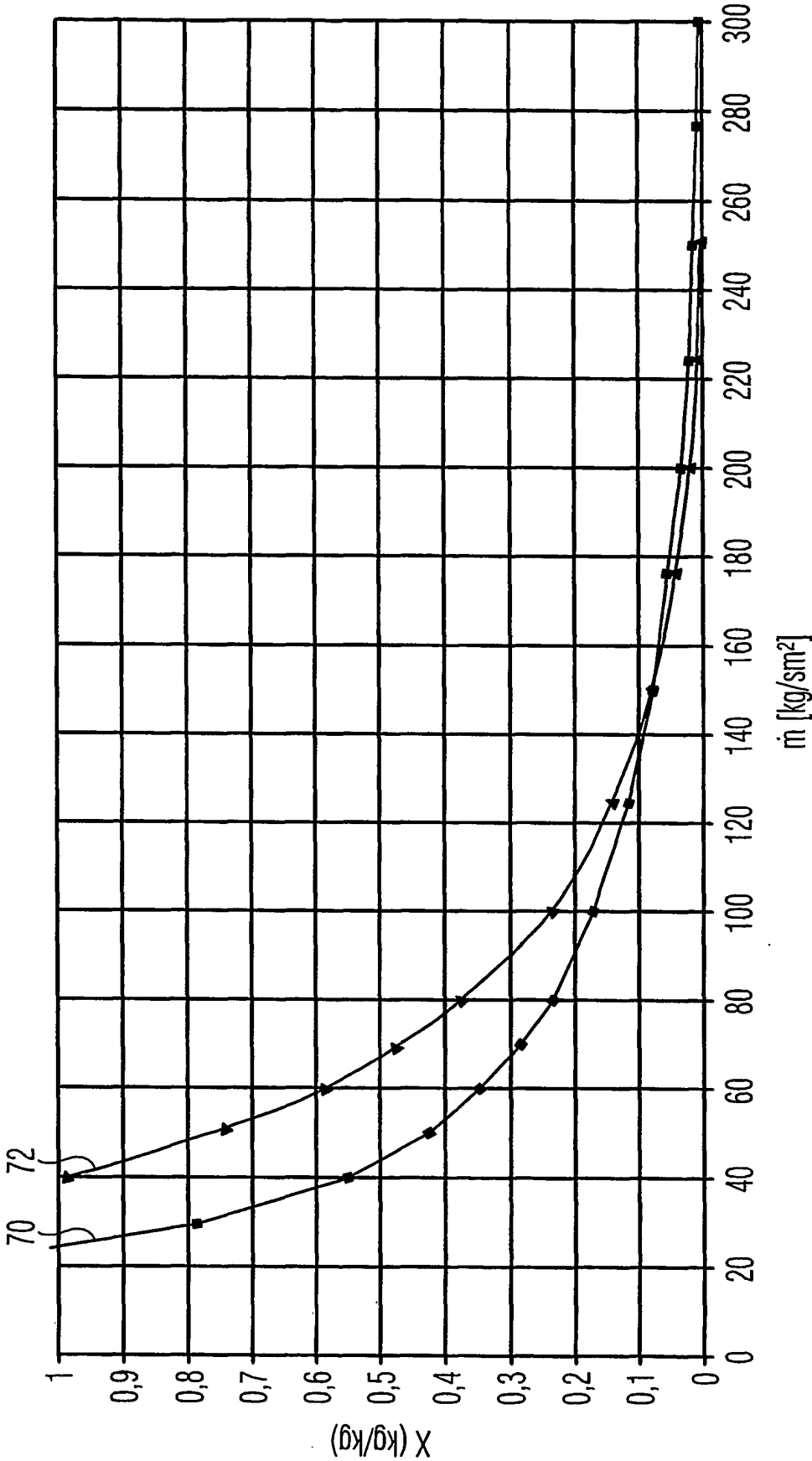
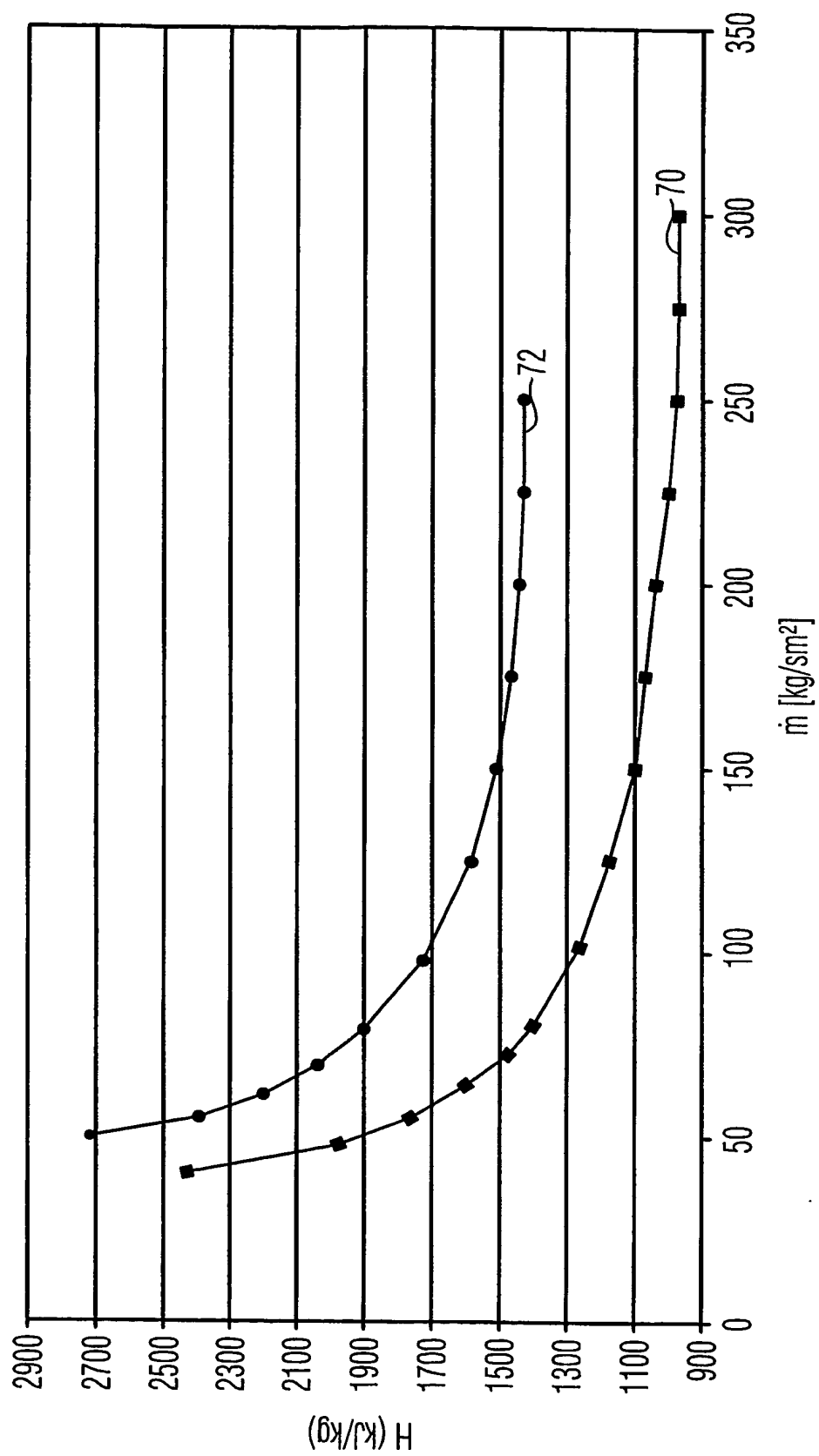


FIG 5b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/09571

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F22B1/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F22B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | EP 0 944 801 B (SIEMENS AG) 29 September 1999 (1999-09-29) cited in the application the whole document --- | 1-8, 11 |
| Y | DE 34 41 972 A (BELGORODSKIJ Z ENERGET MASH ;PROISVODSTVENNOE OB PROEKT NAL (SU)) 28 May 1986 (1986-05-28) the whole document --- | 1-8, 11 |
| Y | EP 0 450 072 A (MIURA KOGYO KK) 9 October 1991 (1991-10-09) column 3, line 29 -column 5, line 56; figures --- | 1-3, 11 |
| Y | US 5 353 749 A (FUHRMAN JR THEODORE C ET AL) 11 October 1994 (1994-10-11) the whole document --- -/- | 1-3, 11 |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 November 2003

Date of mailing of the international search report

04/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zerf, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/09571

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A | US 4 188 916 A (CSATHY DENIS G ET AL) 19 February 1980 (1980-02-19) the whole document ----- | 1-11 |
| A | US 3 442 324 A (CLAY PAUL EUGENE JR ET AL) 6 May 1969 (1969-05-06) the whole document ----- | 1-11 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/09571

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0944801 | B | 29-09-1999 | DE 19651678 A1 | 25-06-1998 |
| | | | DE 59703022 D1 | 29-03-2001 |
| | | | DK 944801 T3 | 11-06-2001 |
| | | | EP 0944801 A1 | 29-09-1999 |
| | | | JP 2001505645 T | 24-04-2001 |
| | | | US 6189491 B1 | 20-02-2001 |
| | | | CN 1239540 A , B | 22-12-1999 |
| | | | WO 9826213 A1 | 18-06-1998 |
| | | | ES 2154914 T3 | 16-04-2001 |
| | | | KR 2000057541 A | 25-09-2000 |
| DE 3441972 | A | 28-05-1986 | DE 3441972 A1 | 28-05-1986 |
| EP 0450072 | A | 09-10-1991 | DE 68922403 D1 | 01-06-1995 |
| | | | DE 68922403 T2 | 05-10-1995 |
| | | | EP 0450072 A1 | 09-10-1991 |
| | | | KR 9504497 B1 | 01-05-1995 |
| | | | AU 628463 B2 | 17-09-1992 |
| | | | AU 4805190 A | 10-07-1990 |
| | | | CA 2006576 A1 | 22-06-1990 |
| | | | WO 9007084 A1 | 28-06-1990 |
| | | | US 5273001 A | 28-12-1993 |
| | | | US 5199384 A | 06-04-1993 |
| US 5353749 | A | 11-10-1994 | NONE | |
| US 4188916 | A | 19-02-1980 | NONE | |
| US 3442324 | A | 06-05-1969 | DE 1601939 A1 | 04-03-1971 |
| | | | FR 1558043 A | 21-02-1969 |
| | | | GB 1165094 A | 24-09-1969 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09571

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F22B1/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F22B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| Y | EP 0 944 801 B (SIEMENS AG) 29. September 1999 (1999-09-29) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument | 1-8, 11 |
| Y | DE 34 41 972 A (BELGORODSKIJ Z ENERGET MASH ;PROISVODSTVENNOE OB PROEKT NAL (SU)) 28. Mai 1986 (1986-05-28) das ganze Dokument | 1-8, 11 |
| Y | EP 0 450 072 A (MIURA KOGYO KK) 9. Oktober 1991 (1991-10-09) Spalte 3, Zeile 29 -Spalte 5, Zeile 56; Abbildungen | 1-3, 11 |
| Y | US 5 353 749 A (FUHRMAN JR THEODORE C ET AL) 11. Oktober 1994 (1994-10-11) das ganze Dokument | 1-3, 11 |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zerf, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09571

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICHE GESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A | US 4 188 916 A (CSATHY DENIS G ET AL) 19. Februar 1980 (1980-02-19) das ganze Dokument | 1-11 |
| A | US 3 442 324 A (CLAY PAUL EUGENE JR ET AL) 6. Mai 1969 (1969-05-06) das ganze Dokument | 1-11 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09571

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| EP 0944801 | B | 29-09-1999 | DE 19651678 A1 | 25-06-1998 |
| | | | DE 59703022 D1 | 29-03-2001 |
| | | | DK 944801 T3 | 11-06-2001 |
| | | | EP 0944801 A1 | 29-09-1999 |
| | | | JP 2001505645 T | 24-04-2001 |
| | | | US 6189491 B1 | 20-02-2001 |
| | | | CN 1239540 A ,B | 22-12-1999 |
| | | | WO 9826213 A1 | 18-06-1998 |
| | | | ES 2154914 T3 | 16-04-2001 |
| | | | KR 2000057541 A | 25-09-2000 |
| DE 3441972 | A | 28-05-1986 | DE 3441972 A1 | 28-05-1986 |
| EP 0450072 | A | 09-10-1991 | DE 68922403 D1 | 01-06-1995 |
| | | | DE 68922403 T2 | 05-10-1995 |
| | | | EP 0450072 A1 | 09-10-1991 |
| | | | KR 9504497 B1 | 01-05-1995 |
| | | | AU 628463 B2 | 17-09-1992 |
| | | | AU 4805190 A | 10-07-1990 |
| | | | CA 2006576 A1 | 22-06-1990 |
| | | | WO 9007084 A1 | 28-06-1990 |
| | | | US 5273001 A | 28-12-1993 |
| | | | US 5199384 A | 06-04-1993 |
| US 5353749 | A | 11-10-1994 | KEINE | |
| US 4188916 | A | 19-02-1980 | KEINE | |
| US 3442324 | A | 06-05-1969 | DE 1601939 A1 | 04-03-1971 |
| | | | FR 1558043 A | 21-02-1969 |
| | | | GB 1165094 A | 24-09-1969 |